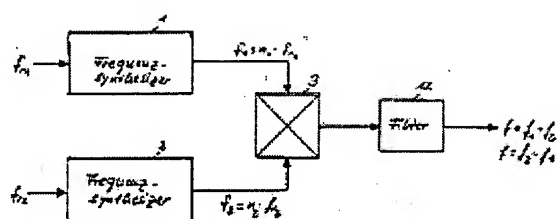


Signal frequency generation method

Patent number: DE19708772
Publication date: 1998-06-25
Inventor: GAPSKI DIETMAR DIPL ING (DE)
Applicant: SIEMENS AG (DE)
Classification:
 - International: H03B21/02; H03L7/06
 - european: H03L7/23; H03B21/02
Application number: DE19971008772 19970304
Priority number(s): DE19971008772 19970304

Abstract of DE19708772

The method involves defining a minimum frequency separation, generating at least a first and a second reference frequency (f_1, f_2), which differ by the defined minimum frequency separation. At least the first and second intermediate frequencies (f_1, f_2) are created and the defined signal frequency (f) is generated by adding or subtracting the first and second intermediate frequencies. The intermediate frequencies are generated by multiplying the first or the second reference frequency by a first or second integral factor (n_1, n_2). The first or second reference frequency can be derived by multiplying the minimum separation by a third or a fourth integral factor, whereby the third and fourth factors differ by 1.



Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

THIS PAGE BLANK (USPTO)



⑬ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 197 08 772 A 1**

⑤① Int. Cl. 6:
H 03 B 21/02
H 03 L 7/06

②① Aktenzeichen: 197 08 772.8
②② Anmeldetag: 4. 3. 97
④③ Offenlegungstag: 25. 6. 98

DE 197 08 772 A 1

Mit Einverständnis des Anmelders offengelegte Anmeldung gemäß § 31 Abs. 2 Ziffer 1 PatG

⑦① Anmelder:
Siemens AG, 80333 München, DE

⑦② Erfinder:
Gapski, Dietmar, Dipl.-Ing., 47058 Duisburg, DE

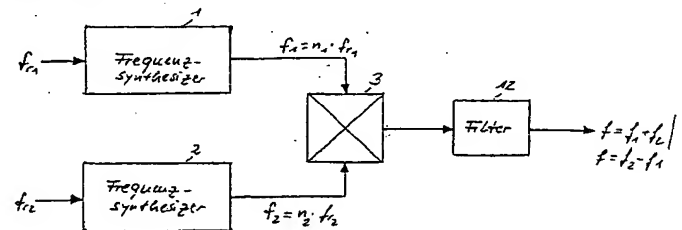
⑤⑥ Entgegenhaltungen:
EP 05 92 190 A2
THOMPSON, R.: Frequency Synthesizers World,
1978, Nov., S.67-70;

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Verfahren und Vorrichtung zur Erzeugung von Signalfrequenzen

⑤⑦ Verfahren und Vorrichtung zur Erzeugung einer bestimmten Signalfrequenz (f). Um die bestimmte Signalfrequenz (f) mit einer hohen Frequenzauflösung (f_0) schnell erzeugen zu können, werden aus zwei Referenzfrequenzen (f_{r1} , f_{r2}), die sich lediglich um den Wert des gemäß der gewählten Frequenzauflösung kleinstmöglichen Frequenzabstandes (f_0) unterscheiden, durch Multiplikation mit ganzzahligen Multiplikationsfaktoren (n_1 , n_2) Zwischenfrequenzen (f_1 , f_2) erzeugt, die durch Addieren oder Subtrahieren die gewünschte Signalfrequenz (f) ergeben.



DE 197 08 772 A 1

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren sowie eine Vorrichtung zur Erzeugung einer bestimmten Signalfrequenz. Insbesondere betrifft die Erfindung einen Frequenzsynthesizer, mit dem eine vorgegebene Signalfrequenz schnell und ohne großem technischen Aufwand erzeugt werden kann.

Zur Erzeugung einer vorgegebenen Frequenz wird in der Regel ein Phasenregelkreis (phase locked loop (PLL)) verwendet, der mit Hilfe des Prinzips der Nachlaufsynchronisation die Frequenz eines spannungsgesteuerten Oszillators derart einstellt, daß sie mit der Frequenz eines Bezugsoszillators übereinstimmt. Die Einstellung erfolgt dabei so genau, daß die Phasenverschiebung zwischen den beiden Frequenzen nicht "auseinanderläuft". Fig. 4 zeigt das prinzipielle Blockschaltbild eines derartigen Phasenregelkreises. Ein spannungsgesteuerter Oszillator 20 (voltage controlled oscillator) erzeugt die Ausgangsfrequenz f des Phasenregelkreises und ist über eine an ihm anliegende Regelspannung (UR) einstellbar. Der spannungsgesteuerte Oszillator 20 kann beispielsweise durch einen Funktionsgenerator, einen emittergekoppelten Multivibrator oder einen LC-Oszillator mit einer dem LC-Schwingkreis parallel geschalteter Kapazitätsdiode gebildet werden. Das Ausgangssignal mit der Frequenz f des Oszillators 20 wird einem Frequenzteiler 21 zugeführt, der die Ausgangsfrequenz f durch k teilt und ein Signal mit der dadurch erhaltenen geteilten Frequenz an einen Phasen- und Frequenzkomparator 22 anlegt. Das Teilverhältnis $1/k$ des Frequenzteilers 21 ist in der Regel variabel. Der Phasenkomparator 22 vergleicht die von dem Frequenzteiler 21 gelieferte Frequenz f/k mit einer von einem Referenzoszillator gelieferten Referenzfrequenz f_0 und erzeugt abhängig von der Phasenverschiebung zwischen den beiden Frequenzen eine proportionale Ausgangsgröße, bei dem in Fig. 4 gezeigten Beispiel die Regelspannung U_R . Der Phasenkomparator 22 umfaßt somit zum einen einen Phasendetektor, insbesondere einen frequenzempfindlichen Phasendetektor, sowie einen Regler zur Erzeugung der Regelspannung U_R , wobei der Regler ein integrierendes Verhalten aufweist. Aufgrund des integrierenden Verhaltens des Reglers des Phasenkomparators 22 nimmt die Phasenverschiebung zwischen f_0 und f/k proportional mit der Zeit zu, falls f_0 von f/k abweicht. Dadurch steigt die Regelabweichung in der geschlossenen Phasenregelschleife soweit an, bis f_0 und f/k übereinstimmen, d. h. die von dem Phasenkomparator 22 erzeugte Regelspannung U_R wird solange erhöht, bis die von dem spannungsgesteuerten Oszillator 20 gelieferte Frequenz f so groß ist, daß f_0 und f/k übereinstimmen. Dem Phasenkomparator 22 ist ein Filter 23, insbesondere ein Tiefpaßfilter nachgeschaltet, das die gewünschte Ausgangsfrequenz ausfiltert und für ein sauberes Einschwingen des Phasenregelkreises sorgt.

Im eingeschwungenen Zustand des in Fig. 4 gezeigten Phasenregelkreises, d. h. wenn der Phasenkomparator 22 die Regelspannung U_R nicht mehr verändert, gilt somit: $f = k \times f_0$.

Aus dem zuvor erläuterten Prinzip des Phasenregelkreises ist ersichtlich, daß eine niedrige Referenzfrequenz f_0 erforderlich ist, um eine bestimmte Signalfrequenz f mit einer hohen Auflösung erhalten zu können. Die erhöhte Auflösung bzw. der verringerte Kanalabstand f_0 bedeutet jedoch andererseits, daß die Einschwingzeit des Phasenregelkreises zunimmt und sich die Signalqualität des Ausgangssignals mit der gewünschten Signalfrequenz f verschlechtert.

Zur Behebung dieses Problems wurde die in Fig. 5 gezeigte Schaltungsanordnung vorgeschlagen, die aus "Digital PLL Frequency Synthesizers, Theory and Design" von Ul-

rich L. Rohde beschrieben ist. Die in Fig. 5 gezeigte Vorrichtung zur Erzeugung einer bestimmten Signalfrequenz f umfaßt insgesamt drei Frequenzsynthesizer 30, 40 und 50 mit jeweils entsprechenden Phasenregelkreisen. Der erste Frequenzsynthesizer 40 umfaßt einen spannungsgesteuerten Oszillator 41, einen Frequenzteiler 42 mit dem Teilverhältnis $1/k_2$, einen Phasenkomparator 43 sowie ein dem Phasenkomparator 43 nachgeschaltetes Tiefpaßfilter. Die Referenzfrequenz für den Frequenzsynthesizer 40 ist in Fig. 5 mit f_{02} bezeichnet. Der von dem spannungsgesteuerten Oszillator 41 einstellbare Frequenzbereich liegt beispielsweise zwischen 75,5 und 105,6 MHz und die Referenzfrequenz f_{02} des Frequenzsynthesizers 40 beträgt beispielsweise 100 kHz. Der Frequenzsynthesizer 40 dient als Hauptfrequenzsynthesizer der in Fig. 5 gezeigten Schaltungsvorrichtung und definiert den Frequenzbereich der Ausgangsfrequenz f der gesamten Schaltungsvorrichtung. Zur Feinabstimmung ist der weitere Frequenzsynthesizer 30 als Fein-Frequenzsynthesizer vorgesehen, der ebenfalls eine Phasenregelschleife mit einem spannungsgesteuerten Oszillator 31, einem Frequenzteiler 32, einem Phasenkomparator 33 sowie ein Tiefpaßfilter 34 umfaßt. Das Ausgangssignal dieses Fein-Frequenzsynthesizers 30 wird über einen weiteren Frequenzteiler 35 mit dem Teilverhältnis $1/100$ zugeführt. Der Frequenzbereich des spannungsgesteuerten Oszillators 31 beträgt beispielsweise 50 bis 60 MHz und die Referenzfrequenz f_{01} des Fein-Frequenzsynthesizers 30 beträgt beispielsweise 1 kHz. Aufgrund des ausgangsseitigen Frequenzteilers 35 mit dem Teilverhältnis $1/100$ wird somit von dem Fein-Frequenzsynthesizer 30 ein Signal innerhalb des Frequenzbereiches 500 und 600 kHz ausgegeben, welches in 10 Hz-Schritten durchlaufen werden kann. Der dritte Ausgangs-Frequenzsynthesizer 50 umfaßt schließlich ebenfalls einen spannungsgesteuerten Oszillator 51, dessen Ausgangssignal jedoch einem Frequenzmischer 52 zugeführt wird, der eine Differenzfrequenz zwischen der von dem Oszillator 51 gelieferten Frequenz und der von dem Oszillator 41 gelieferten Frequenz erzeugt und über ein Bandpaßfilter 53 einem Phasenkomparator 54 zuführt, der wiederum über ein Tiefpaßfilter 55 den spannungsgesteuerten Oszillator 51 ansteuert. Der Phasenkomparator 54 vergleicht somit die von dem Frequenzmischer 52 gelieferte Differenzfrequenz mit der von dem Fein-Frequenzsynthesizer 30 über den Frequenzteiler 35 ausgegebenen Frequenz, die – wie bereits erwähnt – im Bereich zwischen 500 und 600 kHz mit einer Auflösung von 10 Hz liegt. Somit kann der Phasenkomparator 54 des Ausgangs-Frequenzsynthesizers 50 den spannungsgesteuerten Oszillator 51 derart ansteuern, daß sich die von diesem Oszillator gelieferte Frequenz von der von dem Haupt-Frequenzsynthesizer 40 gelieferten Frequenz zwischen 500 und 660 kHz mit einer Auflösung von 10 Hz unterscheidet. Der Ausgangs-Frequenzsynthesizer 50 liefert somit die gewünschte Signalfrequenz f mit einer Auflösung von 10 Hz, wobei die Signalfrequenz f abhängig von dem Frequenzbereich des spannungsgesteuerten Oszillators 41 des Haupt-Frequenzsynthesizers 40 im Bereich zwischen 75,0 und 105,1 MHz liegen kann.

Mit der in Fig. 5 gezeigten Schaltungsvorrichtung kann zwar die gewünschte Signalfrequenz f mit einer hohen Auflösung von 10 Hz relativ schnell erzeugt werden, jedoch ist aus Fig. 5 ersichtlich, daß der Schaltungsaufbau des Gesamt-Frequenzsynthesizers sehr kompliziert und damit auch teuer ist.

Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren sowie eine Vorrichtung zur Erzeugung einer bestimmten Signalfrequenz vorzuschlagen, wobei die Signalfrequenz mit einer hohen Auflösung ohne großem technischen Aufwand erzeugt werden kann.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren nach Anspruch 1 bzw. eine Vorrichtung nach den Ansprüchen 6 oder 11 gelöst.

Erfindungsgemäß wird vorgeschlagen, abhängig von einer vorgegebenen Frequenzauflösung, d. h. einem minimalen Frequenz- bzw. Kanalabstand, zwei Zwischenfrequenzen zu erzeugen, die jeweils einem Vielfachen des minimalen Frequenzabstandes entsprechen und sich somit voneinander ebenfalls durch ein geradzahliges Vielfaches des minimalen Frequenzabstandes unterscheiden. Die gewünschte Signalfrequenz wird schließlich durch Addieren oder Subtrahieren der Zwischenfrequenzen erzeugt.

Insbesondere werden erfindungsgemäß die Zwischenfrequenzen mit Hilfe von getrennten Frequenzsynthesizern erzeugt, deren jeweiligen Bezugsfrequenzen sich lediglich durch den Wert des minimalen Frequenzabstandes, d. h. den Kanalabstand unterscheiden. Die beiden Frequenzsynthesizer erzeugen somit mit Hilfe bestimmter Multiplikationsfaktoren ein Vielfaches der jeweils an sie anliegenden Bezugsfrequenzen, wobei die Multiplikationsfaktoren der Frequenzsynthesizer derart gewählt werden, daß die Summe oder Differenz der von den Frequenzsynthesizern gelieferten Zwischenfrequenzen die gewünschte Signalfrequenz ergibt.

Die erfindungsgemäß vorgesehenen Frequenzsynthesizer können wie in Fig. 4 dargestellt aufgebaut sein. Vorteilhafterweise wird erfindungsgemäß jedoch vorgeschlagen, den Frequenzmischer, der die Differenz oder Summe der zuvor genannten Zwischenfrequenzen erzeugt, in den Phasenregelkreis eines der Frequenzsynthesizer zu integrieren. Dadurch verringert sich zwar geringfügig die Einschwinggeschwindigkeit des Phasenregelkreises, die spektrale Reinheit des Ausgangssignals mit der gewünschten Signalfrequenz nimmt jedoch zu.

Die Unteransprüche beschreiben allgemein vorteilhafte Ausgestaltungen der vorliegenden Erfindung.

Die Erfindung wird nachfolgend unter Bezugnahme auf die Zeichnung anhand bevorzugter Ausführungsbeispiele beschrieben. Dabei zeigt:

Fig. 1 ein erstes Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Erzeugung einer bestimmten Signalfrequenz,

Fig. 2 ein zweites Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Erzeugung einer bestimmten Signalfrequenz,

Fig. 3 ein drittes Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Erzeugung einer bestimmten Signalfrequenz,

Fig. 4 den prinzipiellen Aufbau eines bekannten Phasenregelkreises, und

Fig. 5 den Aufbau eines bekannten Frequenzsynthesizers zur Erzeugung einer Signalfrequenz mit einer hohen Frequenzauflösung.

Fig. 1 zeigt ein erstes Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Erzeugung einer bestimmten Signalfrequenz mit einer hohen Frequenzauflösung.

Der in Fig. 1 gezeigte erfindungsgemäße Frequenzsynthesizer geht dabei von einer vorgegebenen bzw. gewünschten Frequenzauflösung f_0 (Kanalabstand) aus. Aus diesem vorgegebenen minimalen Frequenzabstand f_0 werden erfindungsgemäß zwei Referenzfrequenzen f_{r1} bzw. f_{r2} abgeleitet, die als Referenzfrequenzen für die in den Frequenzsynthesizern 1 bzw. 2 vorhandenen Phasenkomparatoren dienen. Jeder dieser beiden Frequenzsynthesizer 1 und 2 ist vorteilhafterweise wie in Fig. 4 gezeigt mit einem internen Phasenregelkreis ausgestattet, wobei der in dem Phasenregelkreis des Frequenzsynthesizers 1 vorhandenen Frequenzteiler ein Teilverhältnis $1/n_1$ und der in dem Frequenzsyn-

thesizer 2 vorhandenen Frequenzteiler ein Teilverhältnis $1/n_2$ aufweist.

Demzufolge gilt: $f_1 = n_1 \times f_{r1}$, $f_2 = n_2 \times f_{r2}$.

Die beiden Zwischenfrequenzen f_1 und f_2 werden einem Frequenzmischer 3 zugeführt, der abhängig von der Größenordnung der beiden Zwischenfrequenzen entweder die Summe oder Differenz der Zwischenfrequenzen f_1 und f_2 bildet. Mit Hilfe eines dem Frequenzmischer 3 nachgeschalteten Filters 12 wird die Summen- bzw. Differenzfrequenz herausgefiltert.

Wie bereits zuvor erwähnt, wird erfindungsgemäß sowohl die Referenzfrequenz f_{r1} des Frequenzsynthesizers 1 als auch die Referenzfrequenz f_{r2} des Frequenzsynthesizers 2 aus dem vorgegebenen minimalen Frequenzabstand f_0 abgeleitet. Dabei werden die beiden Referenzfrequenzen derart gewählt, daß sie sich lediglich um den Wert dieses vorgegebenen minimalen Frequenzabstandes f_0 unterscheiden.

Somit gilt: $f_{r1} = k \times f_0$ und $f_{r2} = (k + 1) \times f_0$, wobei k einem beliebigen Multiplikationsfaktor entspricht.

Selbstverständlich kann auch f_{r1} durch Multiplikation mit $(k + 1)$ und f_{r2} durch Multiplikation mit k aus dem Wert des minimalen Frequenzabstandes f_0 abgeleitet werden.

Beispielsweise sei angenommen, daß als Kanalabstand bzw. Frequenzauflösung $f_0 = 1$ kHz vorgegeben ist. Die einzustellende Signalfrequenz f des in Fig. 1 gezeigten erfindungsgemäßen Frequenzsynthesizers sei $f = 456,789$ MHz.

Erfindungsgemäß wird – wie oben bereits beschrieben worden ist – vorgeschlagen, die von den beiden Frequenzsynthesizern 1 und 2 gelieferten Zwischenfrequenzen f_1 und f_2 zu addieren oder subtrahieren, wobei die zuvor beschriebenen Multiplikationsfaktoren k , n_1 und n_2 derart zu wählen sind, daß die Summe bzw. die Differenz aus den Zwischenfrequenzen f_1 und f_2 die gewünschte Signalfrequenz f ergibt. Da die von dem in Fig. 1 gezeigten erfindungsgemäßen Frequenzsynthesizer ausgegebene Signalfrequenz f abhängig von der Wahl der Multiplikationsfaktoren k , n_1 und n_2 ist, ist ersichtlich, daß die angestrebte Signalfrequenz f durch unterschiedliche Kombinationen der Multiplikationsfaktoren k , n_1 und n_2 gewonnen werden kann.

Bei dem zuvor beschriebenen Beispiel wird vorteilhafterweise der Multiplikationsfaktor k , durch den die beiden Referenzfrequenzen f_{r1} und f_{r2} bestimmt sind, mit $k = 1000$ gewählt.

Demzufolge ergibt sich: $f_{r1} = 1,000$ MHz und $f_{r2} = 1,001$ MHz.

Ausgehend von diesen beiden Referenzfrequenzen f_{r1} und f_{r2} sind nun die Multiplikationsfaktoren n_1 und n_2 der Frequenzsynthesizer 1 und 2 derart zu wählen, daß die von dem Frequenzmischer 3 erzeugte Differenz- bzw. Summenfrequenz der gewünschten Signalfrequenz f entspricht. Im vorliegenden Fall sein angenommen, daß die gewünschte Signalfrequenz f durch Subtrahieren der Zwischenfrequenzen f_2 und f_1 erzeugt werden soll. Dementsprechend wird vorteilhafterweise der Multiplikationsfaktor n_2 derart gewählt, daß bereits durch seine Wahl der fraktionale Frequenzanteil der gewünschten Signalfrequenz f abgedeckt ist, d. h. wegen $f = 456,789$ MHz wird n_2 folgendermaßen gewählt:

$n_2 = 789$, daraus folgt: $f_2 = 789,789$ MHz.

Der Multiplikationsfaktor n_1 des Frequenzsynthesizers 1 wird demzufolge so gewählt, daß die Differenz der Frequenzen f_2 und f_1 die gewünschte Signalfrequenz f ergibt.

Im folgenden Beispiel gilt somit: $n_1 = 333$, so daß gilt: $f_1 = 333,000$ MHz, und $f = f_2 - f_1 = 456,789$ MHz.

Selbstverständlich kann dieses Frequenzbeispiel auf einfache Art und Weise derart abgewandelt werden, daß der

Frequenzmischer 3 die gewünschte Signalfrequenz f als Summenfrequenz der Frequenzen f_1 und f_2 erzeugt. Unabhängig von der Wahl der Zwischenfrequenzen f_1 und f_2 sollte der Multiplikationsfaktor k , durch den die beiden Referenzfrequenzen f_{r1} und f_{r2} bestimmt werden, stets so gewählt werden, daß durch eine der sich daraus ergebenden Referenzfrequenzen der fraktionale Anteil und durch eine andere Referenzfrequenz der ganzzahlige Anteil der gewünschten Signalfrequenz f bestimmbar ist.

Im vorliegenden Fall wird der fraktionale Anteil der Signalfrequenz f , d. h. der Anteil 0,789 MHz, durch die sich aufgrund der geeigneten Wahl des Multiplikationsfaktors k ergebende Referenzfrequenz f_{r2} bestimmt, indem der entsprechende Multiplikationsfaktor n_2 so gewählt wird, daß die sich daraus ergebende Zwischenfrequenz f_2 bereits den gesamten fraktionalen Anteil der gewünschten Signalfrequenz f enthält. Abhängig von der sich aus der Wahl der Multiplikationsfaktoren k und n_2 ergebenden Zwischenfrequenz f_2 ist der Multiplikationsfaktor n_1 so zu wählen, daß die sich aus der Summe oder Differenz der beiden Frequenzen f_1 und f_2 ergebende Frequenz der gewünschten Signalfrequenz f entspricht.

Soll, wie anhand des vorhergehenden Beispiels beschrieben, die Signalfrequenz f durch Differenzbildung der Frequenzen f_2 und f_1 erzeugt werden, müssen die Multiplikationsfaktoren k , n_1 und n_2 aufgrund der zuvor angegebenen Beziehungen folgende Gleichung erfüllen:

$$n_2 \times (k + 1) - n_1 \times k = f/f_0.$$

Für den Fall, daß die Signalfrequenz f aus der Summe der Frequenzen f_1 und f_2 erzeugt werden soll, ist folgende Gleichung zu erfüllen:

$$n_1 \times k + n_2 \times (k + 1) = f/f_0.$$

Eine besondere Anwendung findet die vorliegende Erfindung bei der Erzeugung von vorgegebenen Signalfrequenzen auf dem Gebiet von schnurlosen Telefonen. Einer der derzeit gängigen Standards ist dabei der sog. DECT-Standard (Digital European Cordless Telephone). Dieser DECT-Standard erlaubt die Übertragung von Funksignalen in einem Frequenzbereich zwischen 1880 und 1900 MHz mit einem Kanalabstand f_0 , d. h. einem minimalen Frequenzabstand von 1728 kHz. Mit dem DECT-Standard können bis zu 120 Duplexkanäle übertragen werden, wobei jeder Kanal zwölf Gespräche umfassen kann. Die Modulation der zu übertragenden Signale erfolgt gemäß der sog. GMSK-Modulation (Gaussian Minimum Shift Keying).

Gemäß dem DECT-Standard sei beispielsweise die gewünschte Signalfrequenz $f = 1881,792$ MHz. Aufgrund des minimalen Frequenzabstandes bzw. Kanalabstandes von $f_0 = 1,728$ MHz gilt: $f = 1089 \times f_0$.

Zur Erzeugung der oben genannten Frequenz von $f = 1881,792$ MHz wird wiederum erfindungsgemäß vorgeschlagen, zwei Zwischenfrequenzen f_1 und f_2 zu generieren, die jeweils ein Vielfaches von zwei entsprechend vorgegebenen Bezugsfrequenzen f_{r1} und f_{r2} sind, wobei die beiden Bezugsfrequenzen f_{r1} und f_{r2} jeweils einem Vielfachen des minimalen Frequenzabstandes f_0 entsprechen und sich insbesondere lediglich um den Wert des minimalen Frequenzabstandes f_0 unterscheiden.

Im folgenden wird ein Beispiel angegeben, um die gewünschte Signalfrequenz $f = 1881,792$ MHz durch Addieren der beiden Zwischenfrequenzen f_1 und f_2 zu erzeugen. Als Multiplikationsfaktor k , der den Wert der beiden Referenzfrequenzen f_{r1} und f_{r2} ausgehend von dem vorgegebenen Kanalabstand f_0 festlegt sei $k = 3$ gewählt. Demzufolge

ergibt sich:

$$f_{r1} = k \times f_0 = 3 \times 1,728 \text{ MHz} = 5,184 \text{ MHz, und} \\ f_{r1} = (k + 1) \times f_0 = 4 \times 1,728 \text{ MHz} = 6,912 \text{ MHz.}$$

Für die Wahl der beiden Multiplikationsfaktoren n_1 und n_2 der beiden in Fig. 1 gezeigten Frequenzsynthesizer 1 und 2 muß entsprechend folgende Bedingung erfüllt sein.

$$f = f_1 + f_2 = n_1 \times k \times f_0 + n_2 \times (k + 1) \times f_0 = 3n_1 \times f_0 + 4n_2 \times f_0.$$

Zur Erfüllung der oben genannten Gleichung können beispielsweise n_1 und n_2 folgendermaßen gewählt werden:

$$n_1 = 191, \text{ somit gilt: } f_1 = 990,144 \text{ MHz,} \\ n_2 = 129, \text{ somit gilt: } f_2 = 891,648 \text{ MHz.}$$

Die in Fig. 1 gezeigten Frequenzsynthesizer 1 und 2 müssen somit die Frequenzen 990,144 MHz und 891,648 MHz erzeugen, wobei sich die beiden Zwischenfrequenzen f_1 und f_2 der beiden Frequenzsynthesizer 1 und 2 aufgrund der oben dargestellten Zusammenhänge durch ein geradzahliges Vielfaches des vorgegebenen minimalen Frequenzabstandes bzw. Kanalabstandes $f_0 = 1,728$ MHz unterscheiden.

Soll die oben genannte Signalfrequenz von $f = 1,881,792$ MHz durch Subtrahieren der Zwischenfrequenzen f_2 und f_1 erhalten werden, so müssen aufgrund der oben angegebenen Zusammenhänge die Multiplikationsfaktoren k , n_1 und n_2 folgende Gleichung erfüllen:

$$n_2 \times (k + 1) - n_1 \times k = f/f_0.$$

Wird beispielsweise $k = 4$ gewählt, so muß geltend:

$$5 \times n_2 - 4 \times n_1 = f/f_0 = 1089.$$

Mögliche Werte für n_1 und n_2 , die diese Gleichung erfüllen, sind beispielsweise $n_1 = 59$ und $n_2 = 265$, so daß gilt:

$$f_1 = n_1 \times k \times f_0 = 407,808 \text{ MHz, und} \\ f_2 = n_2 \times (k + 1) \times f_0 = 2,289,600 \text{ MHz.}$$

Es ist ersichtlich, daß gilt: $f_2 - f_1 = f = 1881,792$ MHz.

Der in Fig. 1 gezeigte erfindungsgemäße Frequenzsynthesizer kann somit mit einem deutlich geringeren Schaltungsaufbau als die in Fig. 5 gezeigte Lösung ein Ausgangssignal mit einer bestimmten Signalfrequenz f schnellleinschwingend erzeugen, selbst wenn die vorgegebene Frequenzauflösung hoch, d. h. der minimale Frequenz- bzw. Kanalabstand f_0 gering ist.

Fig. 2 zeigt ein zweites Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Frequenzsynthesizers, wobei aus Fig. 2 ersichtlich ist, daß der Frequenzmischer 3 in dem Phasenregelkreis des ersten Frequenzsynthesizers 1 angeordnet ist. Mit dem Frequenzmischer 3 ist der zweite Frequenzsynthesizer 2 gekoppelt, wobei sowohl der erste als auch der zweite Frequenzsynthesizer 1 bzw. 2 jeweils einen Phasenregelkreis beinhaltet, der wie in Fig. 4 dargestellt aufgebaut ist. Somit umfaßt der Frequenzsynthesizer 1 einen spannungsgesteuerten Oszillator 4, einen Frequenzteiler 5 mit einem Teilverhältnis $1/n_1$, einen Phasenkomparator 6, der die von dem Frequenzteiler 5 gelieferte Frequenz mit der vorgegebenen ersten Referenzfrequenz f_{r1} vergleicht, und ein Tiefpaßfilter 7. Der zweite Frequenzsynthesizer 2 umfaßt entsprechend einen spannungsgesteuerten Oszillator 8, einen Frequenzteiler 9 mit einem Teilverhältnis $1/n_2$, einen Phasenkomparator 10, der die von dem Frequenzteiler 9 gelieferte Frequenz mit der vorgegebenen zweiten Referenzfrequenz f_{r2} vergleicht, und ein Tiefpaßfilter 11.

renzfrequenz f_2 vergleicht, sowie ein Tiefpaßfilter 11.

Bezugnehmend auf das zuvor genannte Anwendungsbeispiel für eine DECT-Signalfrequenz von $f = 1881,792$ MHz wird der spannungsgesteuerte Oszillator 4 von dem Phasenkomparator 6 derart angesteuert, daß er diese Frequenz $f = 1881,792$ MHz erzeugt. Der Oszillator 8 des Frequenzsynthesizers 2 erzeugt abhängig von der Steuerung durch den Phasenkomparator 10 die Frequenz $f_2 = 990,144$ MHz. An den Phasenkomparatoren 6 bzw. 10 liegen die zuvor genannten Referenzfrequenzen f_{r1} und f_{r2} an, d. h. es gilt: $f_{r1} = 3 \times f_0 = 5,184$ MHz und $f_{r2} = 4 \times f_0 = 6,912$ MHz. Der Mischersch 3 des in Fig. 2 gezeigten Gesamt-Frequenzsynthesizers ist derart ausgelegt, daß im eingeschwungenen Zustand des Gesamt-Frequenzsynthesizers die Ausgangsfrequenz f der Summe der Zwischenfrequenzen f_1 und f_2 entspricht, d. h. der Frequenzmischer erzeugt die Zwischenfrequenz f_1 mit $f_1 = f - f_2$. Diese Zwischenfrequenz f_1 wird über den Frequenzteiler 5 dem Phasenkomparator 6 zugeführt.

Fig. 3 zeigt ein drittes Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Erzeugung einer bestimmten Signalfrequenz f , wobei das in Fig. 3 gezeigte Ausführungsbeispiel im wesentlichen dem in Fig. 2 dargestellten Frequenzsynthesizer entspricht, jedoch mit der Ausnahme, daß die Ausgangsfrequenz f durch die Differenz der Zwischenfrequenzen f_2 und f_1 erzeugt wird, d. h.: $f = f_2 - f_1$.

Dementsprechend erzeugt der mit dem Bezugszeichen 2 versehene Frequenzsynthesizer die erste Zwischenfrequenz f_1 abhängig von der an dem Phasenkomparator 10 anliegenden ersten Referenzfrequenz f_{r1} . Wie bei dem oben genannten zweiten Beispiel zur DECT-Frequenzsynthese beschrieben, gilt:

$$f_{r1} = k \times f_0 = 4 \times 1,728 \text{ MHz (mit } k = 4 \text{ und } f_0 = 1,728 \text{ MHz).}$$

Damit gilt $f = f_2 - f_1$, muß der in Fig. 3 gezeigte Frequenzmischer 3 die zweite Zwischenfrequenz f_2 abhängig von der Ausgangsfrequenz f sowie der ersten Zwischenfrequenz f_1 gemäß folgender Gleichung erzeugen:

$$f_2 = f + f_1.$$

Diese zweite Zwischenfrequenz f_2 wird über den Frequenzteiler 5 dem Phasenkomparator 6 zugeführt, der die geteilte Frequenz mit der zweiten Referenzfrequenz f_{r2} vergleicht, wobei gilt:

$$f_{r2} = (k + 1) \times f_0 = 5 \times 1,728 \text{ MHz.}$$

Wie bei dem oben genannten zweiten DECT-Beispiel beschrieben, können die Teilverhältnisse $1/n_1$ und $1/n_2$, die den reziproken Multiplikationsfaktoren n_1 bzw. n_2 entsprechen, folgendermaßen gewählt werden:

$$n_1 = 59 \text{ und } n_2 = 265, \text{ so daß gilt } f_1 = n_1 \times f_{r1} = 407,808 \text{ MHz und } f_2 = n_2 \times f_{r2} = 2289,600 \text{ MHz.}$$

Aus Fig. 3 ist ersichtlich, daß im eingeschwungenen Zustand des dargestellten Gesamtfrequenzsynthesizers gilt:

$$f = f_2 - f_1 = 1881,792 \text{ MHz.}$$

Wie in Fig. 1 gezeigt, kann auch bei den in Fig. 2 und 3 gezeigten Ausführungsbeispielen das Ausgangssignal mit der gewünschten Signalfrequenz f über ein Filter 12 geführt werden, welches die der Summen- oder Differenzfrequenz von f_1 und f_2 entsprechende Frequenz f ausfiltert, um die spektrale Reinheit des Ausgangssignals zu verbessern.

Aus den zuvor beschriebenen Ausführungsbeispielen

wird deutlich, daß erfindungsgemäß eine bestimmte Signalfrequenz mit einer hohen Frequenzauflösung, d. h. einem niedrigen Kanalabstand, bereits durch die Verwendung von zwei Frequenzsynthesizern mit Regelschleife erhalten werden kann. Der Schaltungsaufbau ist einfacher und damit auch billiger als bei dem bekannten Stand der Technik. Durch Integration des Frequenzmischers in den Phasenregelkreis eines der beiden Frequenzsynthesizer kann zudem die spektrale Reinheit des zu erzeugenden Ausgangssignals mit der gewünschten Signalfrequenz f zudem verbessert werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Erzeugung einer bestimmten Signalfrequenz (f), umfassend die Schritte:

- a) Vorgeben eines minimalen Frequenzabstandes (f_0),
- b) Erzeugen mindestens einer ersten und zweiten Referenzfrequenz (f_{r1} , f_{r2}), die sich voneinander um den Betrag des minimalen Frequenzabstandes (f_0) unterscheiden,
- c) Erzeugen mindestens einer ersten und zweiten Zwischenfrequenz (f_1 , f_2) durch Vervielfältigung der ersten bzw. zweiten Referenzfrequenz (f_{r1} , f_{r2}) mit einem ersten bzw. zweiten ganzzahligen Multiplikationsfaktor (n_1 , n_2), und
- d) Erzeugen der bestimmten Signalfrequenz (f) durch Addieren oder Subtrahieren der ersten und zweiten Zwischenfrequenz (f_1 , f_2).

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die erste bzw. zweite Referenzfrequenz (f_{r1} , f_{r2}) durch Vervielfältigung des minimalen Frequenzabstandes (f_0) mit einem dritten bzw. ganzzahligen vierten Multiplikationsfaktor (k , $k + 1$) gewonnen wird, wobei sich der dritte (k) und vierte ($k + 1$) Multiplikationsfaktor um 1 unterscheiden.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Werte des ersten Multiplikationsfaktors (n_1) und des zweiten Multiplikationsfaktors (n_2) gemäß folgenden Bedingungen ausgewählt werden:

$$n_1 \times k + (n_2 + 1) \times k = f/f_0, \text{ oder} \\ n_2 \times (k + 1) - n_1 \times k = f/f_0,$$

wobei k den Wert des dritten Multiplikationsfaktors, $k + 1$ den Wert des vierten Multiplikationsfaktors, f_0 den Wert des minimalen Frequenzabstandes und f den Wert der zu bestimmenden Signalfrequenz angibt.

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Wert des dritten Multiplikationsfaktors (k) derart gewählt wird, daß mit Hilfe der sich daraus ergebenden zweiten Referenzfrequenz (f_{r2}) der fraktionale Anteil der zu erzeugenden Signalfrequenz (f) und mit Hilfe der sich daraus ergebenden ersten und zweiten Referenzfrequenz (f_{r1} , f_{r2}) der ganzzahlige Anteil der zu erzeugenden Signalfrequenz (f) bestimmbar ist.

5. Vorrichtung zur Erzeugung einer bestimmten Signalfrequenz (f), insbesondere zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

mit einer ersten Frequenzerzeugungseinrichtung (1), um eine erste Zwischenfrequenz (f_1) zu erzeugen, die dem Produkt einer ersten Referenzfrequenz (f_{r1}) mit einem ersten Multiplikationsfaktor (n_1) entspricht, mit einer zweiten Frequenzerzeugungseinrichtung (2), um eine zweite Zwischenfrequenz (f_2) zu erzeugen, die dem Produkt aus einer zweiten Referenzfrequenz (f_{r2})

mit einem zweiten Multiplikationsfaktor (n_2) entspricht, und
mit einer Frequenzmischeinrichtung (3), die durch Addieren oder Subtrahieren der ersten und zweiten Zwischenfrequenz (f_1 , f_2) die zu erzeugende Signalfrequenz (f) ermittelt, 5
wobei sich die erste und zweite Referenzfrequenz (f_{r1} , f_{r2}) voneinander um den Wert eines vorgebbaren minimalen Frequenzabstandes (f_0) unterscheiden.

6. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die erste und zweite Frequenzerzeugungseinrichtung (1, 2) jeweils ein Frequenzsynthesizer mit Phasenregelkreis ist. 10

7. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Phasenregelkreis des ersten bzw. zweiten Frequenzsynthesizers (1; 2) umfaßt 15
einen spannungsgesteuerten Oszillator (4; 8), an dessen Ausgang die erste bzw. zweite Zwischenfrequenz (f_1 ; f_2) auftritt,
einen Frequenzteiler (5; 9), der eingangsseitig mit dem 20
Ausgang des spannungsgesteuerten Oszillators verbunden ist und dessen Teilerwert dem Reziprotenwert des ersten bzw. zweiten Multiplikationsfaktors (n_1 ; n_2) entspricht, und
einen Phasenkomparator (6; 10), der die von dem Frequenzteiler gelieferte Frequenz mit der ersten bzw. 25
zweiten Referenzfrequenz (f_{r1} ; f_{r2}) vergleicht und abhängig von der Abweichung zwischen der von dem Frequenzteiler gelieferten Frequenz und der ersten bzw. zweiten Referenzfrequenz ein Steuersignal (U_R) 30
für den spannungsgesteuerten Oszillator erzeugt.

8. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen den Phasenkomparator (6; 10) und den spannungsgesteuerten Oszillator (4; 8) ein Tiefpaßfilter (7; 11) zugeschaltet ist. 35

9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 5–8, dadurch gekennzeichnet, daß das Ausgangssignal der Frequenzmischeinrichtung (3) über ein Filter (12) geführt ist, welches die der Summen- oder Referenzfrequenz aus der ersten und zweiten Zwischenfrequenz (f_1 ; f_2) entsprechende Signalfrequenz (f) ausfiltert. 40

10. Vorrichtung zur Erzeugung einer bestimmten Signalfrequenz (f), insbesondere zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 4, 45
mit einer als Frequenzsynthesizer ausgebildeten ersten Frequenzerzeugungseinrichtung (1) mit einem Phasenregelkreis zur Erzeugung der bestimmten Signalfrequenz (f), und
mit einer zweiten Frequenzerzeugungseinrichtung (2) zur Erzeugung einer zweiten Zwischenfrequenz (f_2 ; 50
 f_1),
wobei der Phasenregelkreis der ersten Frequenzerzeugungseinrichtung (1) eine Frequenzmischeinrichtung (3) beinhaltet, welche durch Addieren oder Subtrahieren der Ausgangsfrequenz (f) der ersten Frequenzerzeugungseinrichtung (1) und der zweiten Zwischenfrequenz (f_2 ; f_1) eine erste Zwischenfrequenz (f_1 ; f_2) erzeugt, so daß die bestimmte Signalfrequenz (f) der Differenz bzw. der Summe aus der ersten und zweiten 55
Zwischenfrequenz (f_1 ; f_2) entspricht, und
wobei sich die erste und zweite Zwischenfrequenz (f_1 , f_2) durch ein geradzahliges Vielfaches eines vorgebbaren minimalen Frequenzabstandes (f_0) unterscheiden.

11. Vorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß der Phasenregelkreis der ersten Frequenzerzeugungseinrichtung (2) umfaßt: 60
einen der Frequenzmischeinrichtung (3) nachgeschalteten Frequenzteiler (5), dessen Teilerwert dem rezi-

proken Wert eines ersten Multiplikationsfaktors (n_1 ; n_2) entspricht, und
einen mit dem Frequenzteiler (5) verbundenen Phasenkomparator (6), der abhängig von der Abweichung zwischen der von dem Frequenzteiler (5) gelieferten Frequenz und einer ersten Referenzfrequenz (f_{r1} ; f_{r2}) ein Steuersignal für einen spannungsgesteuerten Oszillator (4) erzeugt, wobei der spannungsgesteuerte Oszillator (4) abhängig von dem Steuersignal die bestimmte Signalfrequenz (f) erzeugt.

12. Vorrichtung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß ein Tiefpaßfilter (7) zwischen den Phasenkomparator (6) und den spannungsgesteuerten Oszillator (4) des Phasenregelkreises der ersten Frequenzerzeugungseinrichtung (1) geschaltet ist.

13. Vorrichtung nach Anspruch 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, daß die von der zweiten Frequenzerzeugungseinrichtung (2) erzeugte zweite Zwischenfrequenz (f_2 ; f_1) einer mit einem zweiten Multiplikationsfaktor (n_2 ; n_1) multiplizierten zweiten Referenzfrequenz (f_{r2} ; f_{r1}) entspricht.

14. Vorrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß sich die erste und zweite Referenzfrequenz (f_{r1} , f_{r2}) um den Wert des vorgebbaren minimalen Frequenzabstandes (f_0) unterscheiden.

15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß auch die zweite Frequenzerzeugungseinrichtung (2) als Frequenzsynthesizer mit einem Phasenregelkreis ausgestaltet ist.

16. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß das Ausgangssignal der ersten Frequenzerzeugungseinrichtung (1) über ein Filter (12) geführt ist, welches die der Summen- oder Differenzfrequenz aus der ersten und zweiten Zwischenfrequenz (f_1 , f_2) entsprechende Signalfrequenz (f) ausfiltert.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

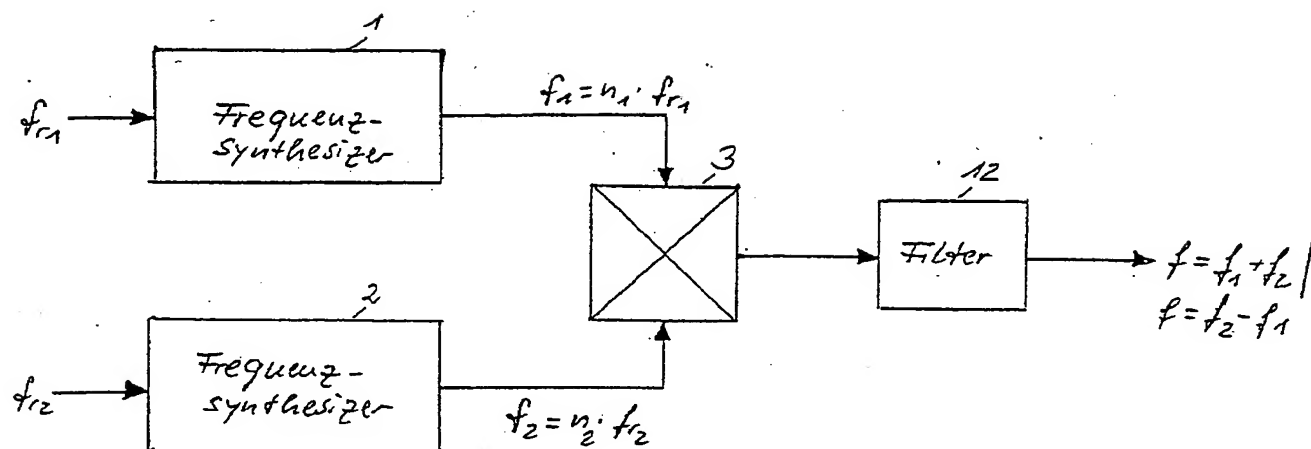


Fig. 1

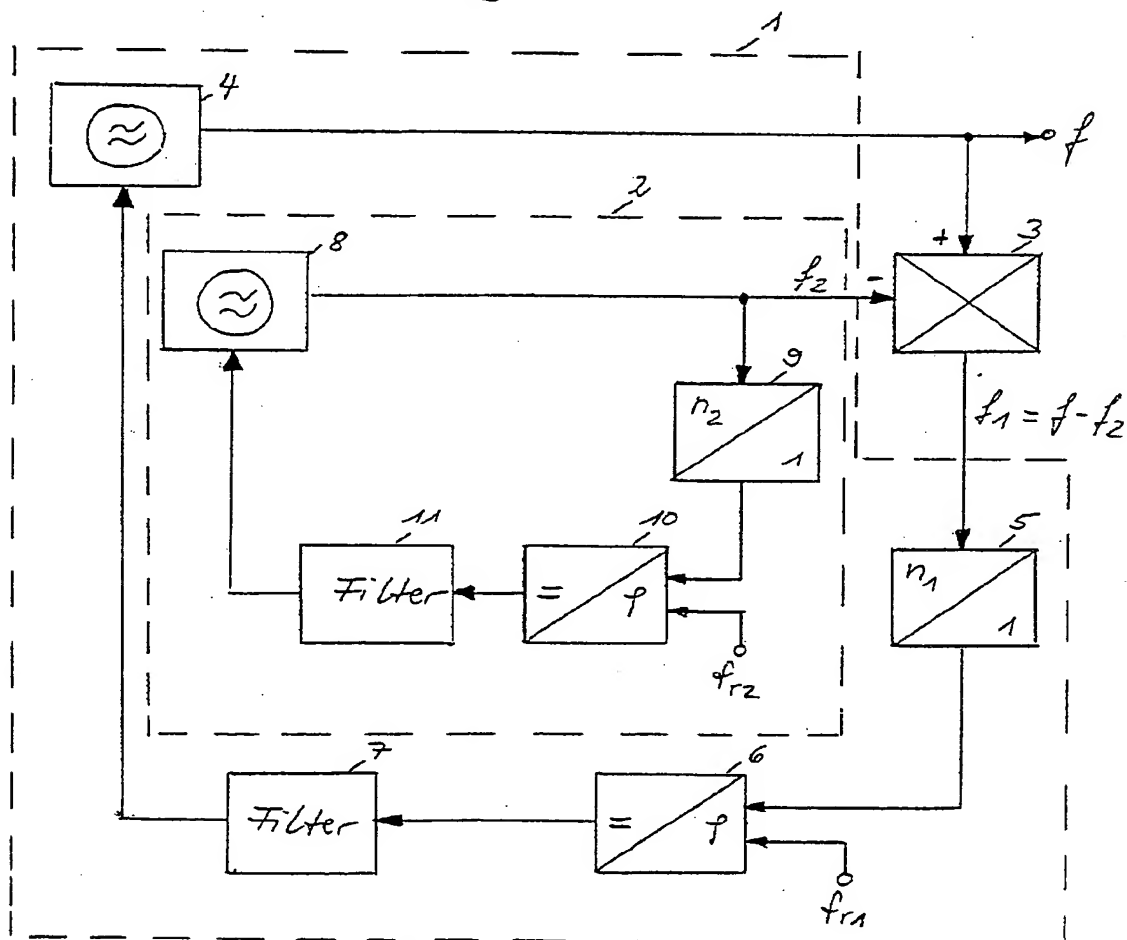


Fig. 2

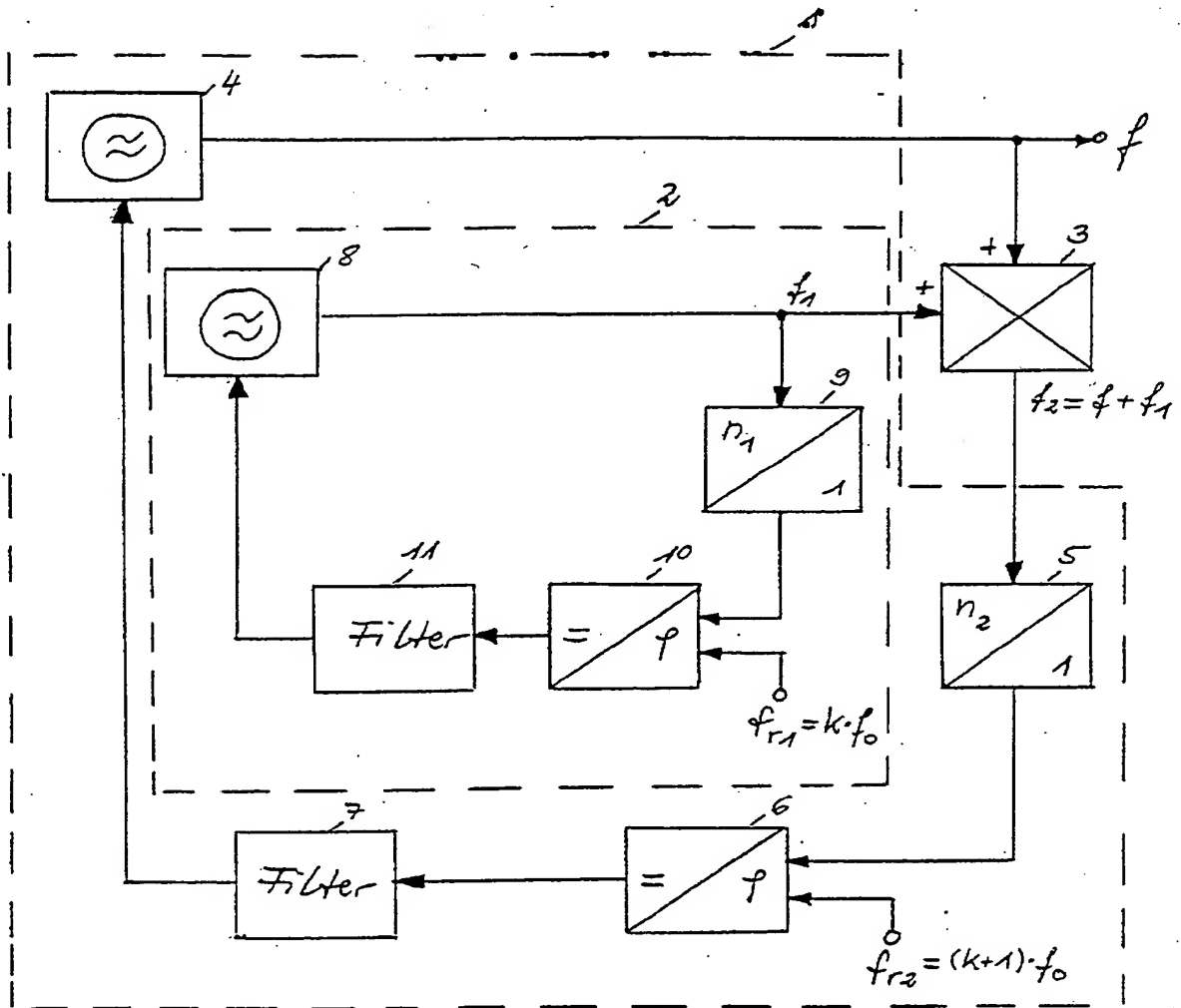


Fig. 3

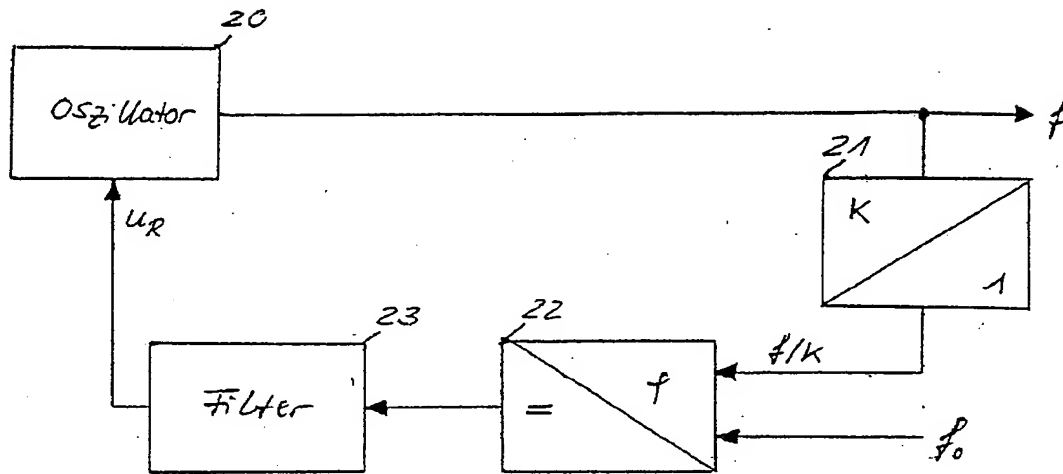


Fig. 4
(Stand der Technik)

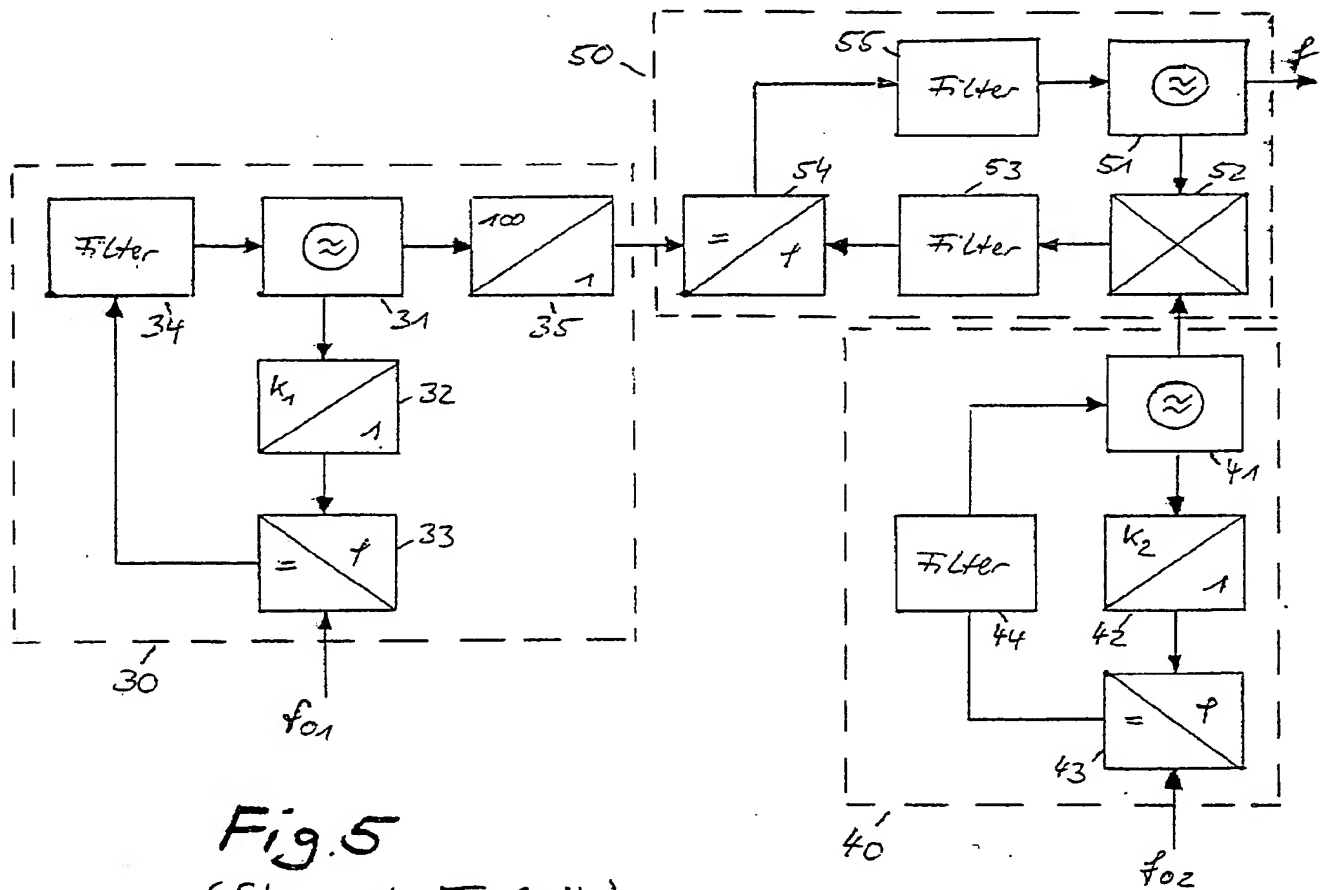


Fig. 5
(Stand der Technik)